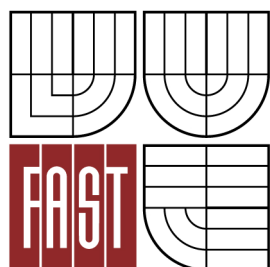




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV GEODÉZIE**

**FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF GEODESY**

DOKUMENTACE CVIČNÉHO BODOVÉHO POLE NESMĚŘ

DOKUMENTATION OF TRAINING CONTROL IN NESMER LOCALITY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Pavel Roubal

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ VONDRÁK, Ph.D.

BRNO 2012

Abstrakt

Dokumentace cvičného bodového pole v Nesměři je komplexní projekt. Dochází při něm k rekognoskaci, doplnění a přepracování geodetických údajů a nivelačních údajů. Dále ke kontrole polohové a výškové přesnosti bodů. Výsledné údaje mají sloužit jako podklady pro práci pedagogů a studentů při předmětu 1E2 Výuka v terénu I. A také pro aktualizaci elektronického přehledu bodů.

Klíčová slova

Bodové pole, geodetické údaje, nivelační údaje, polygonový pořad, nivelace

Abstract

Documentation of training control in Nesmer locality is a complex project in which it occurs to reconnaissance, complete and reworking of geodetic data and leveling data. In addition to control positional and height accuracy points. The resulting data are used as input to the work of teachers and students in the subject 1E2 Field training. And for update information database of training control

Keywords

Geodetic control, geodetic data, levelling data, traverse, levelling

...

Bibliografická citace VŠKP

ROUBAL, Pavel. *Dokumentace cvičného bodového pole Nesměř*. Brno, 2012. 47 s., 36 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce Ing. Jiří Vondrák, Ph.D..

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně, a že jsem uvedl(a) všechny použité, informační zdroje.

V Brně dne 23.5.2012

.....
podpis autora

Poděkování:

Děkuji svému vedoucímu práce Ing. Jiřímu Vondrákovi, Ph.D., za praktické rady a připomínky při zpracování bakalářské práce, Bc. Martinu Votoupalovi, za pomoc při měření a společnosti GEODIS BRNO, spol. s r.o. za poskytnutí ortofotosnímků.

Obsah

1.	Úvod	9
2.	Lokalita	10
3.	Rekognoskace území	11
3.1	Klasifikace území	11
3.2	Vyhledávání bodů	11
3.3	Převzetí bodu	11
4.	Geodetické údaje	12
4.1	Typy geodetických údajů	12
4.2	Forma a obsah geodetických údajů	12
4.2.1	Místopisný náčrt	14
4.2.2	Popis, způsob stabilizace a určení bodu	15
5.	Nivelační údaje	16
5.1	Obsah nivelačních údajů	16
6.	Metody určení polohy bodů	18
6.1	Polární metoda (rajon)	18
6.2	Polygonový pořad	18
6.3	Protínání	19
6.4	GNSS	21
6.4.1	Metody určování polohy	22
7.	Metody určení výšky bodu	23
7.1	Nivelace	23
7.2	Trigonometricky	24
8.	Délky	25
8.1	Měření délek	25
8.1.1	Přímé metody	25
8.1.2	Nepřímé metody	25
8.2	Matematická redukce měřených délek	26
9.	Vlastní rekognoskace	28
9.1	Klasifikace Horní lokality	28
9.2	Vyhledání bodů	28
10.	Tvorba geodetických a nivelačních údajů	29
10.1	Podklady	29
10.2	Terénní práce	29
10.2.1	Práce na geodetických a nivelačních údajích	29
10.2.2	Vyhledávací označení bodů	30
10.2.3	Fotodokumentace	30
10.3	Kancelářské práce	31
10.3.1	Vyhotovení geodetických a nivelačních údajů	31
10.3.2	Úprava seznamu souřadnic	32
10.3.3	Tvorba přehledného náčrtu cvičného bodového pole	33
11.	Kontrola polohové přesnosti	34
11.1	Kontrola polygonovým pořadem	35
11.2	Kontrola měřením délek spojnic	36
12.	Kontrola výškové přesnosti	39
12.1	Technická nivelace	39
12.2	Trigonometricky	41
13.	Použité přístroje	43

13.1	Totální stanice	43
13.2	Nivelační přístroj	43
14.	Závěr	44
	Seznam použitých zdrojů	45
	Seznam obrázků	46
	Seznam tabulek	46
	Seznam grafů	47
	Seznam tištěných příloh	47
	Seznam elektronických příloh	47

1. Úvod

Cvičné bodové pole Ústavu geodezie Fakulty stavební VUT v Brně, je speciálním případem bodového pole. Skládá se z Horní lokality a Dolní lokality. Každoročně zde probíhají výuky v terénu pro první ročníky studentů oboru geodézie a kartografie. Pro mnoho z nich je to první praktické využití geodetických znalostí.

Bakalářská práce podrobněji nahlíží na Horní lokalitu daného pole. Specifikum lokality tkví jak ve vzniku, tak v použití. Body vznikaly různými metodami v časově rozdílných obdobích. Některé jsou určeny jako průměry měření studentů, některé body jsou státní, jiné zaměřeny pedagogickým sborem a to především metodou GNSS. Ze všech těchto dat bylo provedeno vyrovnání.

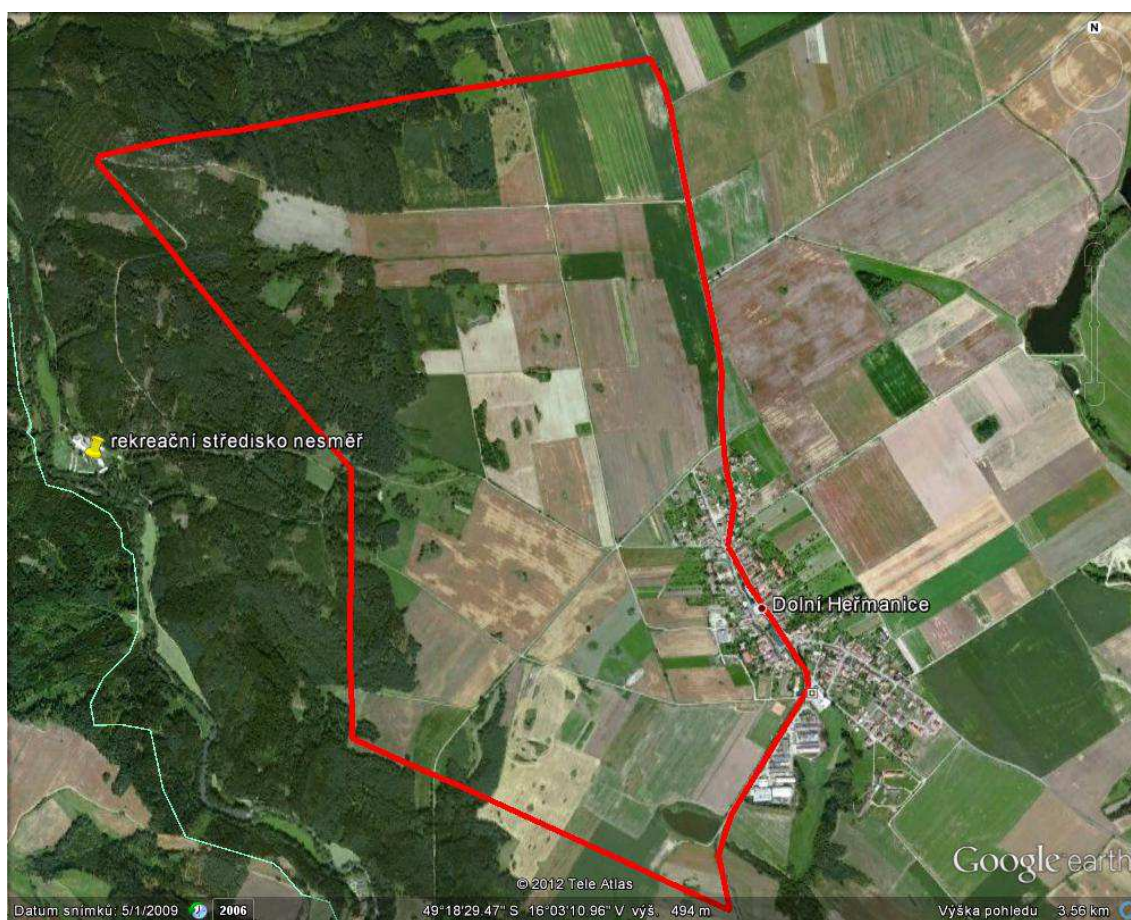
Také je třeba brát zřetel na primární využití Horní lokality. Lokalita slouží k nácviku stanovení polohy a výšky jednotlivých bodů. Poloha se zde určuje především protínacími metodami a polární metodou. Výšky bodů se určují převážně technickou nivelací.

Mým úkolem bylo rekognoskovat stávající bodové pole, respektive jeho Horní lokalitu, zkontrolovat a doplnit geodetické údaje, upravit seznam souřadnic. Dále zkontrolovat polohovou a výškovou přesnost bodů.

Terénní práce se uskutečnily v létě 2010. Došlo ke kontrole a doplnění místopisů, ověření polohy bodů pomocí polygonového pořadu a měřením délek spojnic bodů. Také proběhla kontrola výškové přesnosti bodů pomocí technické nivelace. Metody ověření přesnosti byly voleny s ohledem na charakter daného bodového pole.

2. Lokalita

Zájmová oblast se nachází západně od obce Dolní Heřmanice. V okrese Žďár nad Sázavou v kraji Vysočina. Zde se rozkládá, pracovně nazvaná, Horní lokalita cvičného bodového pole Ústavu geodzie Fakulty stavební VUT v Brně.



Obr. č. 2.1 Zájmová lokalita

3. Rekognoskace území

3.1 Klasifikace území

Při plánování geodetických prací je potřebné se seznámit s danou lokalitou, zjistit charakter zájmového území, v intravilánu rozlišit druh a hustotu zástavby, v extravilánu druh a hustotu porostu, způsob využití pozemku, sklonitost terénu, viditelnost okolní krajiny a celou řadu informací, které mnohdy zásadním způsobem ovlivní volby metod měření a určení nových bodů. [1]

3.2 Vyhledávání bodů

Body dané, určené k připojení nebo orientaci nového měření, se při rekognoskaci v terénu nejprve vyhledávají. Body se vyhledávají:

1. pomocí místopisu v geodetických údajích.(Podrobněji rozebrané v bodech 4. a 5.)
2. geodetickými metodami s využitím výsledků původních měření nebo prvků vypočtených ze souřadnic.
3. družicovými metodami [1]

3.3 Převzetí bodu

Pokud byl bod nalezen, případně ověřena jeho poloha, může být převzat k využití pro další měření. Body se zakreslí do kopie pracovní mapy a připojí se jejich čísla, nebo se vyhotoví samostatný přehled bodů.[1]

4. Geodetické údaje

Společný a nadřazený pojem pro označení bodu, číselné geodetické údaje a místopis bodu. [6]

4.1 Typy geodetických údajů

Geodetické údaje se v praxi vyhotovují pro:

- 1) Trigonometrické body
- 2) Zhušťovací body
- 3) Body PPBP

4.2 Forma a obsah geodetických údajů

Geodetické údaje o bodu podrobného polohového bodového pole se předávají na tiskopisech úřadu nebo jako tiskový výstup z počítače, který je obsahově shodný a úpravou přiměřený tiskopisu úřadu. [5]

Obsah geodetických údajů trigonometrických bodů:

- 1) Číslo a název trigonometrického bodu,
- 2) Lokalizační údaje o územních jednotkách (okresu, obci, katastrálním území), označení listu Státní mapy odvozené v měřítku 1:5 000, označení Základní mapy ČR 1:50 000, označení triangulačního listu, číslo parcely nebo číslo popisné stavby na níž je bod umístěn,
- 3) Souřadnice trigonometrického bodu, jeho nadmořskou výšku s uvedením místa, ke kterému se vztahuje a údaje o orientaci,
- 4) Místopisný náčrt s vyhledávacími mírami a místopisný popis,
- 5) Údaje o stabilizaci, ochraně a signalizaci trigonometrického bodu,
- 6) Údaje o vlastníku pozemku nebo stavby, na kterém je trigonometrický bod umístěn, údaje o zřízení trigonometrického bodu. [7]

8.4.2012 16:05:08

Obsah geodetických údajů zhušťovacích bodů:

- 13

Obsah geodetických údajů bodů PPBP:

- 1) Číslo bodu
- 2) Lokalizační údaje o katastrálním území a obci a označení listu Státní mapy 1:5000
- 3) Souřadnice v S-JTSK zaokrouhlené na 2 desetinná místa a výšku bodu v Bpv (pokud byla určena)
- 4) Místopisný náčrt s vyhledávacími mírami
- 5) Nárys nebo detail
- 6) Popis, způsob stabilizace a určení bodu
- 7) Poznámky [5]

Polohové bodové pole - geodetické údaje o bodech podrobného polohového bodového pole Page 1

Kat. území **629081 Dolní Heřmanice**
 Obec **595501 Dolní Heřmanice**
 Okres **CZ0635 Žďár nad Sázavou**

Bod 766	Bod zřídil (jméno, rok)	Y 637093,21	SM5 NÁMĚŠŤ nad Oslavou 4-1
Kód kv.: 2	Platnost od: 01.01.1944	X 1142721,32	Místopisný náčrt
Popis, způsob stabilizace a určení bodu Žulový hranol 16 x 16 cm ,		nadm. výška Bpv.	
Detail			
Poznámka Původně ZB č.42, nom.3320 - vyřazen z 1.tř.přesnosti , ETRS89			

Obr. č. 4.2 Geodetické údaje bodů PPBP

4.2.1 Místopisný náčrt

V místopisném náčrtu se používají pro předměty a kultury mapové značky, podle zvláštního předpisu. K bodům se zaměří vyhledávací míry vztažené k blízkým trvalým předmětům, zejména staničení a kolmice, u bodu při pozemní komunikaci, nejsou-li v blízkosti vhodné předměty, jeho vzdálenosti od středu a okraje vozovky. Orientace je povinně k severu. [1]

4.2.2 Popis, způsob stabilizace a určení bodu

V popisu se zpravidla uvádí popis bodu, či popis bezprostředního okolí bodu. Dále se může udávat poloha vůči význačnému objektu v okolí. Například směr a vzdálenost od kostela, význačné křižovatky, nebo přírodního objektu. Uvede se způsob stabilizace a určení bodu.

5. Nivelační údaje

5.1 Obsah nivelačních údajů

u bodů ČSNS:

- 1) Označení nivelačního pořadu,
- 2) Číslo nivelačního bodu, délku oddílu a vzdálenost od počátku pořadu v kilometrech na tři desetinná místa,
- 3) Číslo předcházejícího nivelačního bodu v pořadu, uzlového nebo připojovacího bodu,
- 4) Lokalizační údaje o územních jednotkách (okresu, obci, katastrálním území), označení listu Státní mapy odvozené v měřítku 1:5 000, označení Základní mapy ČR 1:50 000,
- 5) Místopisný náčrt s vyhledávacími mírami a místopisný popis,
- 6) Druh značky, stupeň stability, druh stabilizace, druh nivelačního bodu, rok určení nadmořské výšky, stav a stáří objektu s nivelační značkou,
- 7) Údaje o zřízení nivelačního bodu, [7]

NIVELAČNÍ ÚDAJE

Nivelační pořad: Ob01 Velké Meziříčí - Osové					
Předchozí bod	Nivelační bod	Délka v km		Nadmořská výška Bpv	Výška z roku
		oddílu	od počátku		
Ob01-5	Ob01-6	0.550	3.296	408.720 m	1962
<p><i>Místopisný popis:</i> betonový pilíř most uprostřed řeky</p> <p><i>Poznámky:</i> 0,2 m pod horní hranou se strany</p> <p><i>Stav a stáří objektu:</i> most s betonovými pilíři</p>		<p><i>Místopis:</i> Ob 01-6</p>			
<p><i>Úz. jednotka:</i> 371411601</p> <p><i>Okres:</i> Žďár nad Sázavou</p> <p><i>Obec:</i> OSOVÉ</p> <p><i>Kat. území:</i> OSOVÉ</p> <p><i>Parc. číslo:</i></p>		<p><i>Vlastník:</i></p>			
ZM-50	24-31		SMO-5	Náměstí nad Oslavou 5-1	
Druh zn.	Stupeň stab.	Stabilizoval	Druh bodu	Souřadnice v S-JTSK	
Č	4	neznámo		Y	638764 m
	Druh stab.			dig.	
	N				1142258 m
Zeměpisná délka		Zeměpisná šířka	Gs	Gn	Ba
0° 0' 0.0"		0° 0' 0.0"	0 mgal	0 mgal	0 mgal
Datum: 8.4.2012					

Obr. č. 5.1 Nivelační údaje

6. Metody určení polohy bodů

6.1 Polární metoda (rajon)

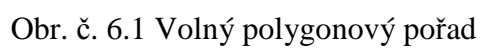
Pod pojmem rajon se rozumí orientovaná a délkově zaměřená spojnice daného a určovaného bodu. [2]

6.2 Polygonový pořad

Polygonový pořad je definován jako průmět prostorové lomené čáry do roviny. Jeho vrcholy jsou polygonové body. Spojnice polygonových bodů se nazývají polygonové strany. K určení polohy polygonových bodů se měří na polygonových bodech osnovy směrů, z nichž se určí vrcholové úhly. Délky stran se měří dvakrát - tam a zpět. Orientace pořadů se děje směrovým připojením z koncových bodů pořadů na body ZBPP, zhušťovací body a body PBPP. [2]

Typy polygonových pořadů:

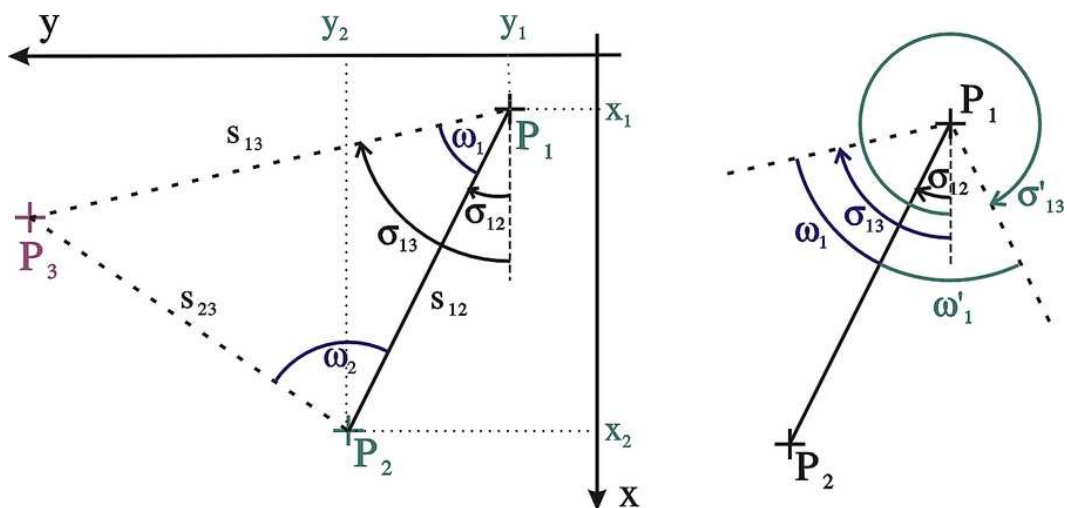
- 1) Polygonový pořad oboustranně připojený a oboustranně orientovaný
- 2) Polygonový pořad oboustranně připojený a jednostranně orientovaný
- 3) Polygonový pořad vetknutý - (oboustranně připojený bez orientací na koncových bodech)
- 4) Polygonový pořad jednostranně připojený a jednostranně orientovaný (dříve nazývaný volný polygonový pořad, končí na určovaném bodě)
- 5) Polygonový pořad uzavřený s orientací na počátečním bodě (začíná a končí na stejném bodě)
- 6) Polygonový pořad uzavřený neorientovaný (v místní souřadnicové soustavě – žádný z bodů pořadu není dán souřadnicemi) [2]



1) Protínání vpřed

Typy protínání vpřed:

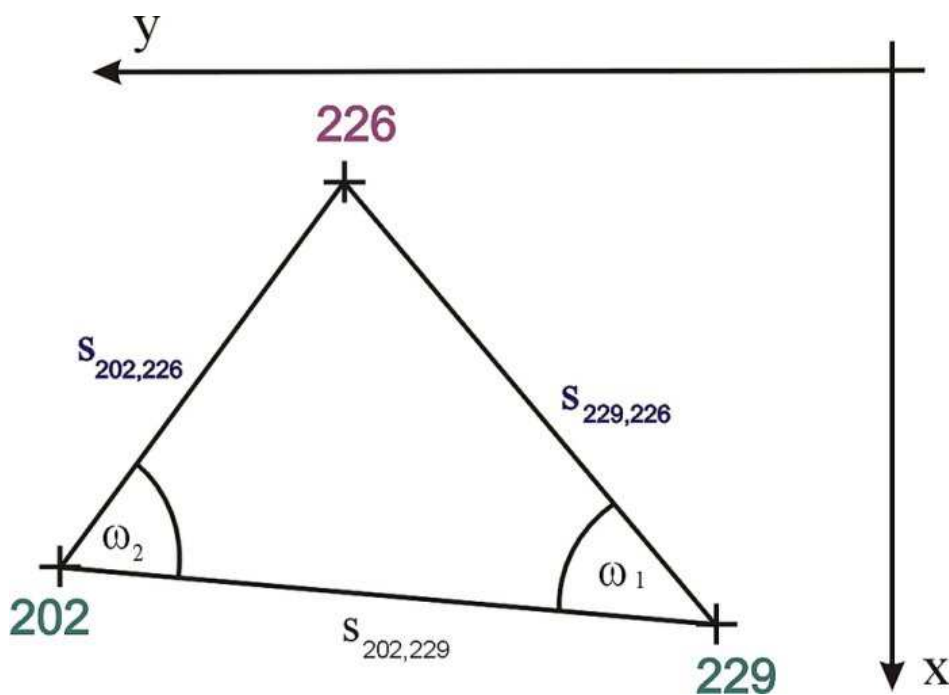
- a) Protínání vpřed z orientovaných směrů
b) Protínání vpřed z úhlů



Obr. č. 6.2 Protínání z úhlů

2) Protínání z délek:

Protínáním z délek se rozumí určení polohy nově určovaného bodu pomocí měřených délek



Obr. č. 6.3 Protínání z délek

3) Protínání zpět

Při určování polohy bodu metodami protínání vpřed byly měřeny zprostředkující veličiny na daných bodech. U určování polohy bodu metodou protínání zpět jsou zprostředkující veličiny měřeny na bodě, jehož poloha se určuje. Zprostředkujícími veličinami jsou vodorovné směry měřené na tři body o daných souřadnicích (nutný počet). [2]

6.4 GNSS

Souhrnné pojmenování několika již funkčních i nově budovaných družicových navigačních systémů. Slouží zejména k určení polohy a k navigaci – určení směru a rychlosti pohybu.

Stávající systémy:

- americký NAVSTAR-GPS
- ruský GLONAS
- evropský GALILEO
- čínský Compass a jiné.

Součásti GNSS – tzv. segmenty :

- kosmický segment
- řídicí segment
- uživatelský segment
- podpůrný segment [8]

6.4.1 Metody určování polohy

Absolutní určení polohy

Při použití 1 přijímací družicové aparatury

Přesnost určení prostorové polohy

v reálném čase 3 m až 10 m

postprocessing 0,5 m – 2 m

Relativní určení polohy

Použití min. 2 a více současně měřících družicových aparatur

Přesnost určení prostorové polohy v reálném čase

DGPS (kódově) 0,1 m až 1 m

RTK (fázově) 20 mm až 5 mm

postprocessing 20 mm až 3 mm [8]

Metoda GNSS slouží jak k určování polohy, tak i výšek bodů.

7. Metody určení výšky bodu

7.1 Nivelace

Jednou z nejčastějších metod pro určení výšky bodu je geometrická nivelace ze středu. Jde o měřický postup, kterým se určí převýšení mezi body. Je-li známa nadmořská výška v příslušném výškovém systému alespoň jednoho z nich, je možné vypočíst u ostatních zaměřených bodů jejich nadmořské výšky. [3]

Podle přesnosti a postupu dělíme geometrickou nivelaci na:

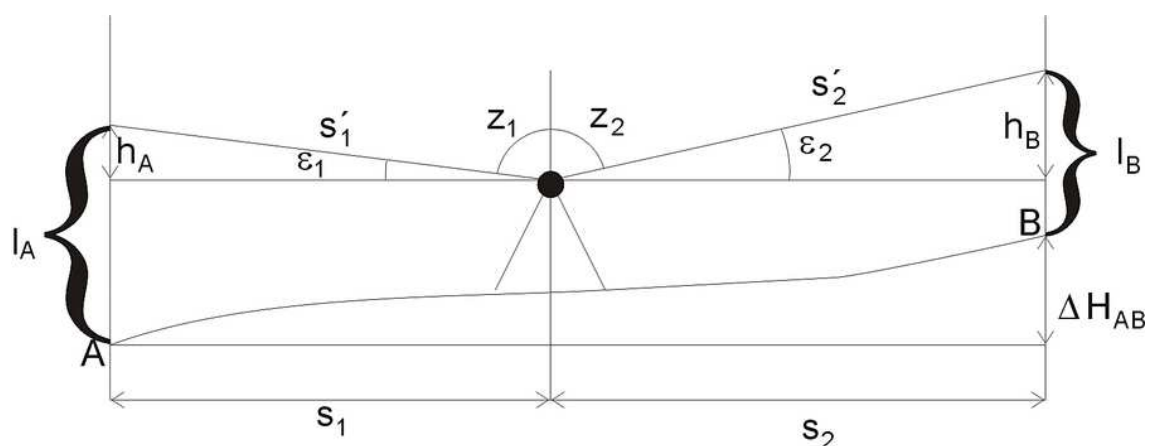
1. Technickou nivelaci
2. Přesnou nivelaci

Trigonometrická nivelace

Při trigonometrické nivelaci se určuje výškový rozdíl mezi dvěma body, které tvoří sestavu.

Více na sebe navazujících sestav tvoří pořad trigonometrické nivelace.

Princip měření v jedné sestavě je znázorněn na obrázku. [3]

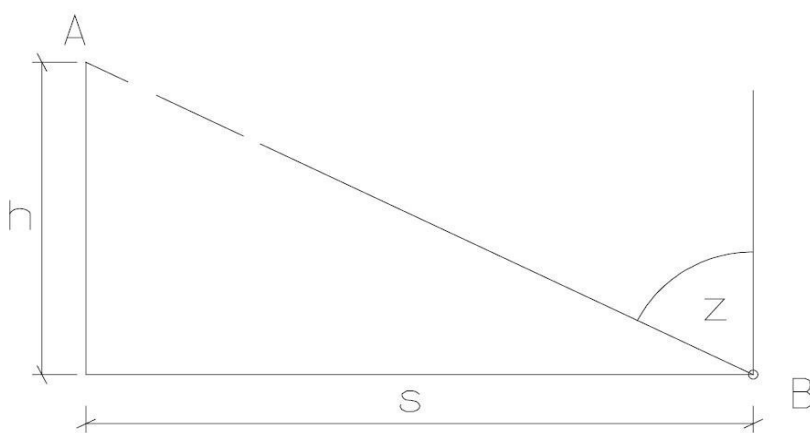


Obr. č. 7.1 Trigonometrická nivelace

7.2 Trigonometricky

Trigonometrické měření výšek se používá při určování výšek nepřístupných bodů, větších výškových rozdílů, výšek nepřístupných objektů. Je založeno na poznatcích trigonometrie, jde o řešení pravoúhlého, nebo obecného trojúhelníka, v němž známe, nebo si určíme potřebné prvky. Výškový rozdíl se vypočítá z pravoúhlého trojúhelníka. [3]

$$h = s \cotg z$$



Obr. č. 7.2 Trigonometrické měření převýšení

Je-li $s > 300\text{m}$ je nutné uvažovat vliv zakřivení zemského povrchu, případně refrakce.

[3]

8. Délky

8.1 Měření délek

Používá se přímých nebo nepřímých metod. Mezi přímé metody se řadí měření délek pásmy (ocelovými, invarovými, umělohmotnými), dráty nebo tyčovými měřidly (v průmyslu). Ostatní metody, kdy délku určujeme měřením jiné veličiny, jejímž zpracováním získáváme požadovanou vzdálenost, označujeme jako nepřímé (měřením nitkovými, dvojobrazovými či elektronickými dálkoměry, paralaktické nebo trigonometrické určování vzdáleností apod.). [4]

8.1.1 Přímé metody

Technická metoda měření délky pásmem

Délka se měří vždy ve vodorovné poloze pásma. Každá z délek se zásadně měří dvakrát. V rovinatém terénu se měří délka tam a zpět, ve svažitém terénu se měří ze svahu. Střední chyba metody je několik centimetrů na 100 m. Technické metody se používají při měření polohopisu metodou pravoúhlých souřadnic, konstrukčně oměrných atd.[7]

Této metody bylo použito při měření vyhledávacích měř u místopisů.

8.1.2 Nepřímé metody

Měření délek elektronickými dálkoměry.

Dálkoměry pracují na principu nepřímého měření času šíření elektromagnetického signálu a to na principu měření fázového rozdílu vyslané a přijaté vhodně modulované nosné vlny.

$$2d = c_0 \tau$$

Kde c_0 ... je rychlost šíření světla

τ ...tranzitní čas

[4]

Přesnost elektronických dálkoměrů je dána vztahem

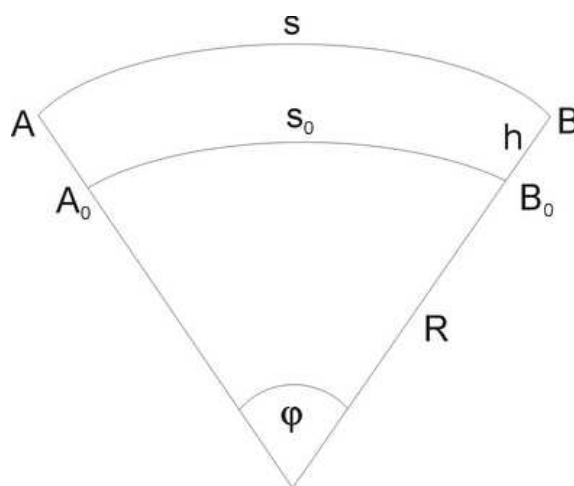
$$m_d = a + bs10^{-6} [mm]$$

kde konstanty a, b jsou udány výrobcem dálkoměru. Obvykle je a = 0,1 až 10 mm, b = 1 až 20 a hodnota vzdálenosti s se dosazuje v km. [7]

8.2 Matematická redukce měřených délek

Redukce délky do nulového horizontu

Měřenou délku značně ovlivňuje nadmořská výška. Zkreslení je patrné z obrázku.



Obr. č. 8.1 Redukce délek

$$\frac{s_0}{s} = \frac{R}{R + h}$$

Převod do zobrazovací roviny S-JTSK

V praxi je třeba pro řešení geodetických úloh v zobrazovací rovině znát měřené délky v rovině kartografického zobrazení (zobrazovací rovině). V geodézii se používá konformních zobrazení, pro něž lze použít obecného vzorce.

Pro délky kratší než 5 km lze použít vzorce pro zkreslení ve středu vzdálenosti. [7]

$$S = s m_n$$

R (km)	Měřitko (m)	Diference pro 1 km	R (km)	Měřitko (m)	Diference pro 1 km	R (km)	Měřitko (m)	Diference pro 1 km
1150	1,000 1804	-38,0	1250	0,999 9287	-11,4	1350	0,999 9327	+13,2
1155	1,000 1614	-36,6	1255	0,999 9230	-10,2	1355	0,999 9393	+14,2
1160	1,000 1431	-35,4	1260	0,999 9179	-8,8	1360	0,999 9464	+15,6
1165	1,000 1254	-33,8	1265	0,999 9135	-7,6	1365	0,999 9542	+16,6
1170	1,000 1085	-32,4	1270	0,999 9097	-6,2	1370	0,999 9625	+17,8
1175	1,000 0923	-31,2	1275	0,999 9066	-5,2	1375	0,999 9714	+18,8
1180	1,000 0767	-29,8	1280	0,999 9040	-3,8	1380	0,999 9808	+20,2
1185	1,000 0618	-28,4	1285	0,999 9021	-2,6	1385	0,999 9909	+21,2
1190	1,000 0476	-27,0	1290	0,999 9008	-1,4	1390	1,000 0015	+22,4
1195	1,000 0341	-25,8	1295	0,999 9001	-0,2	1395	1,000 0127	+23,6
1200	1,000 0212	-24,4	1300	0,999 9000	+1,2	1400	1,000 0245	+24,8
1205	1,000 0090	-23,0	1305	0,999 9006	+2,4	1405	1,000 0369	+25,8
1210	0,999 9975	-21,8	1310	0,999 9018	+3,4	1410	1,000 0498	+27,0
1215	0,999 9866	-20,4	1315	0,999 9035	+4,8	1415	1,000 0633	+28,0
1220	0,999 9764	-19,2	1320	0,999 9059	+6,0	1420	1,000 0773	+29,4
1225	0,999 9668	-17,8	1325	0,999 9089	+7,0	1425	1,000 0920	+30,2
1230	0,999 9579	-16,6	1330	0,999 9124	+8,4	1430	1,000 1071	+31,6
1235	0,999 9496	-15,2	1335	0,999 9166	+9,6	1435	1,000 1229	+32,6
1240	0,999 9420	-14,0	1340	0,999 9214	+10,8	1440	1,000 1392	+33,6
1245	0,999 9350	-12,6	1345	0,999 9268	+11,8	1445	1,000 1560	+34,8
1250	0,999 9287		1350	0,999 9327		1450	1,000 1734	

Obr. č. 8.2 Tabulka hodnot délkového zkreslení

9. Vlastní rekognoskace

9.1 Klasifikace Horní lokality

Jedná se o otevřený terén bez výraznějšího stromového porostu. Díky tomu je dobrá viditelnost mezi body. Bodové pole je vhodné zejména pro měření polární metodou a protínacími metodami. Vzhledem k minimálnímu množství stromů a dalších vysokých překážek je pole vhodné i k měření metodou GNSS.

Většinu ploch zabírají zemědělské pozemky. Díky těmto pozemkům je ztížený přístup k bodům, které se nachází na remízcích v poli. Může zde docházet k poškozování zemědělských plodin.

Body jsou v souřadnicovém systému JTSK a výšky v systému Bpv.

9.2 Vyhledání bodů

K vyhledání bodů sloužily vyhledávací míry v místopisech. U některých bodů bylo nutné použít elektronický přehled bodů k získání lepšího povědomí o okolí bodu. Žádný bod nebylo třeba vytyčovat.

10. Tvorba geodetických a nivelačních údajů

10.1 Podklady

Jako podklady k vypracování sloužily geodetické a nivelační údaje vyhotovované studenty případně pedagogickým sborem. Bohužel, obzvláště údaje vyhotovené studenty nebyly příliš kvalitní. Ve většině případů neobsahovaly všechny náležitosti.

Dalším podkladem je seznam souřadnic v programu Excel verze 2003. Ten obsahoval souřadnice daných bodů, výšky bodů a u některých bodů i metodu určení.

K lepší orientaci v bodovém poli sloužil elektronický přehled bodů vyhotovený v programu ArcGis. Ten obsahuje jak některé místopisy, tak i fotodokumentaci. Jeho mapovým podkladem je ZMČR 1:1000 a ortofotosnímek lokality.

10.2 Terénní práce

Nedílnou součástí tvorby geodetických a nivelačních údajů byly terénní práce, které probíhaly v létě 2010.

10.2.1 Práce na geodetických a nivelačních údajích

Při terénních pracích byla zkontrolována kresba místopisů, orientace k severu a pomocí pásma vyhledávací míry. Pokud některé z těchto atributů nevyhovovaly, byly opraveny. U některých bodů bylo třeba místopisy vytvořit nové. Zde byl problém daný bod vyhledat. Možností bylo buď bod vyhledat pomocí elektronického přehledu, nebo vytyčit pomocí totální stanice.

10.2.2 Vyhledávací označení bodů

Všechny body byly označeny barvou, některé doplněny šipkou. Červené označení má usnadnit hledání bodu. Bezprostřední okolí bylo před nátěrem očištěno, a stabilizace bodu byla fyzicky zkontrolována.

10.2.3 Fotodokumentace

U bodů byla pořízena fotografie. Kompozice byla volena tak, aby fotografie zobrazovala bod a zároveň některý z výrazných prvků v okolí. Fotografie mají sloužit k lepšímu povědomí o okolí bodu a doplňovat stávající fotodokumentaci v elektronickém přehledu bodů. Fotografie byly pořízeny fotoaparátem Panasonic Lumix DMC-LZ5.

Aby bylo možné fotografie později propojit s elektronickým přehledem bodů, bylo nutné, aby byly pojmenovány dle speciálního klíče a jejich formát byl *.jpg. Klíč má následující tvar:

NE_P(N)_CB_X.jpg

Kde NE je zkratka Nesměř, P(N) je polohový (nivelační) bod, CB je číslo bodu a X je písmeno od začátku abecedy rozlišující více fotografií stejného bodu.



Obr. č. 10.1 Příklad fotodokumentace

10.3 Kancelářské práce

Během kancelářských prací byly zpracovány převzaté i v terénu nově získané údaje.

10.3.1 Vyhotovení geodetických a nivelačních údajů

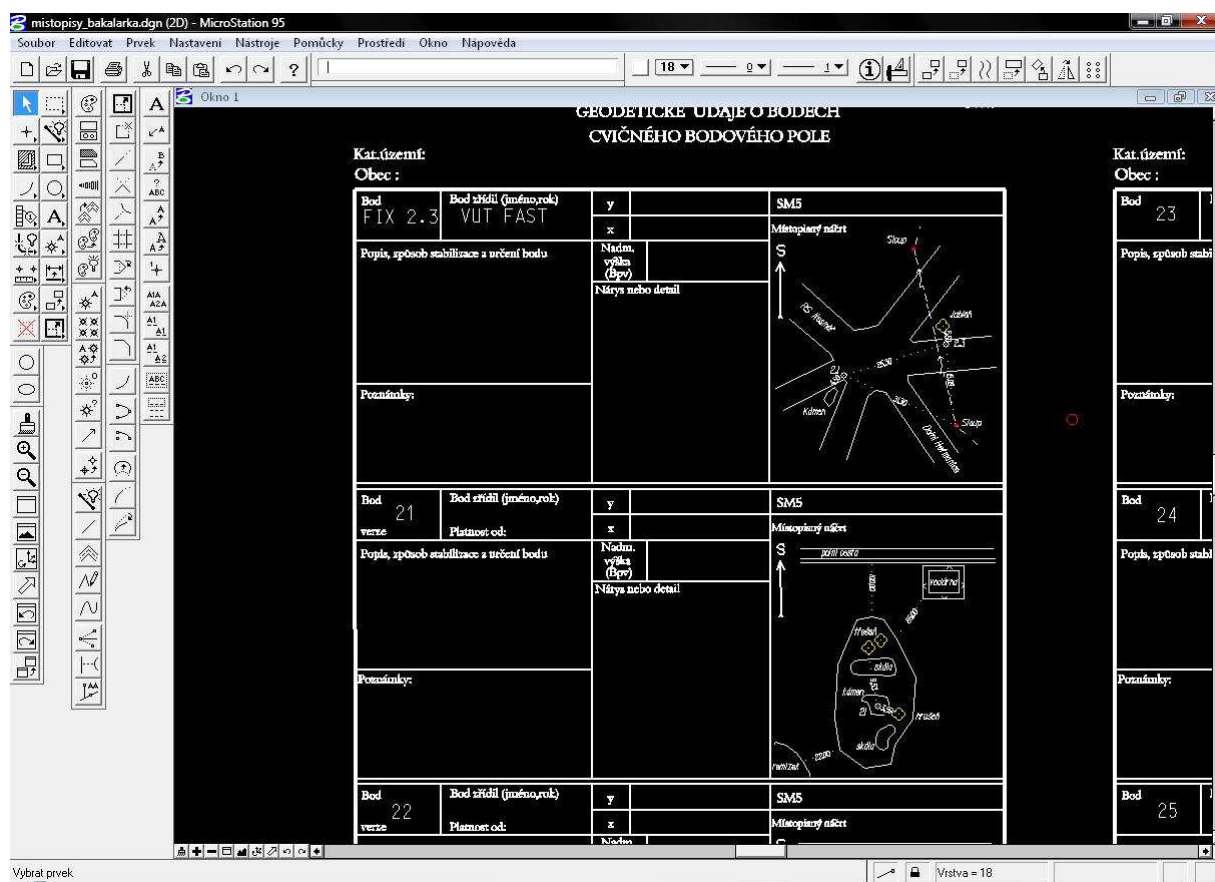
Pro vyhotovení byl použit program Microstation v.95. V prostředí tohoto programu byl vytvořen formulář pro geodetické údaje, který je obsahem shodný a úpravou přiměřený jako formulář úřadu pro body PPBP. Do tohoto formuláře byly doplněny všechny potřebné údaje a vykreslen místopis. Stejným postupem byly vyhotoveny i nivelační údaje, které jsou pro potřeby výuky vyhotoveny ve speciálním formuláři, jehož vzor je níže.

Nivelační bod N16		Líst mapy 1:50 000	Náměšť nad Oslavou		
Obec, (Okres), popis bodu Dolní Heřmanice (Žďár nad Sázavou) Čep v kamení při okraji polní cesty.					
druh značky	Stupeň stabiliz.	Druh stabilizace	Stabilizační ústav, jméno, datum	Druh bodu	Ochranné zařízení
			VUT FAST		
Stav a stáří stavby, stavební hmota Kámen					
Geomorfologické vlastnosti místa					
Poznámky Bod se nachází při okraji polní cesty.					
Původ, jiné údaje					

Obr. č. 10.2 Vzor nivelačních údajů

Hlavním důvodem použití programu Microstation v. 95 byla jednoduchá přepracovatelnost výsledných údajů a jeho snadná dostupnost pro studenty výuky v terénu. Další výhodou byla možnost separovat jednotlivé součásti geodetických a nivelačních údajů do různých vrstev, aby bylo možné tisknout pouze některé údaje z nich. Tento fakt má své využití při výuce studentů.

Výsledkem činnosti na geodetických a nivelačních údajích je soubor *.dgn, který obsahuje geodetické údaje, nivelační údaje, a formuláře pro vyhotovení dalších údajů. Tento soubor je součástí elektronických příloh. Dalším výsledkem jsou soubory *.jpg, které obsahují jednotlivé geodetické nebo nivelační údaje a slouží pro potřeby elektronického přehledu bodů. Aby bylo možné tyto body propojit s tímto přehledem, musí být pojmenovány podle následujícího klíče: NE_MP_CB.jpg kde NE znamená Nesměř, MP je zkratka pro místopis a CB je číslo bodu.



Obr. č. 10.3 Prostředí programu Microstation v. 95

10.3.2 Úprava seznamu souřadnic

Seznam souřadnic byl upraven v programu Excel v. 2003. Obsahuje seznam bodů, seznam souřadnic bodů. Metodu a rok určení souřadnic (pokud je tato informace známa). Dále výšky bodů společně s metodou a rokem určení. Tento soubor je součástí příloh. Seznam souřadnic byl také převeden do formátu *.txt, aby bylo možné body nahrávat do výpočetních a grafických programů.

10.3.3 Tvorba přehledného náčrtu cvičného bodového pole

Pro lepší přehled a orientaci v bodovém poli byl vytvořen přehledný náčrt. Podkladem pro tvorbu byl seznam souřadnic a ortofotosnímek dané lokality. Přehled byl vytvořen v programu Microstation v. 95 a Microstation V8. Nejprve byly v Microstation V8 připojeny ortofotosnímky 1 : 2000, které byly netransformovány na rohy mapových listů. Poté byl do programu microstation v. 95 nahrán seznam souřadnic prostřednictvím nadstavby MGEO. Tento výkres byl následně upraven do požadované formy a poté byl připojen jako referenční výkres do verze V8. Výsledný výkres je součástí příloh.

11. Kontrola polohové přesnosti

Dosažená přesnost vytyčení se posuzuje porovnáním naměřené odchylky v kontrolním geometrickém prvku nebo rozdílu dvou vytyčení s mezní vytyčovací odchylkou nebo střední chybou vytyčení podle vztahu

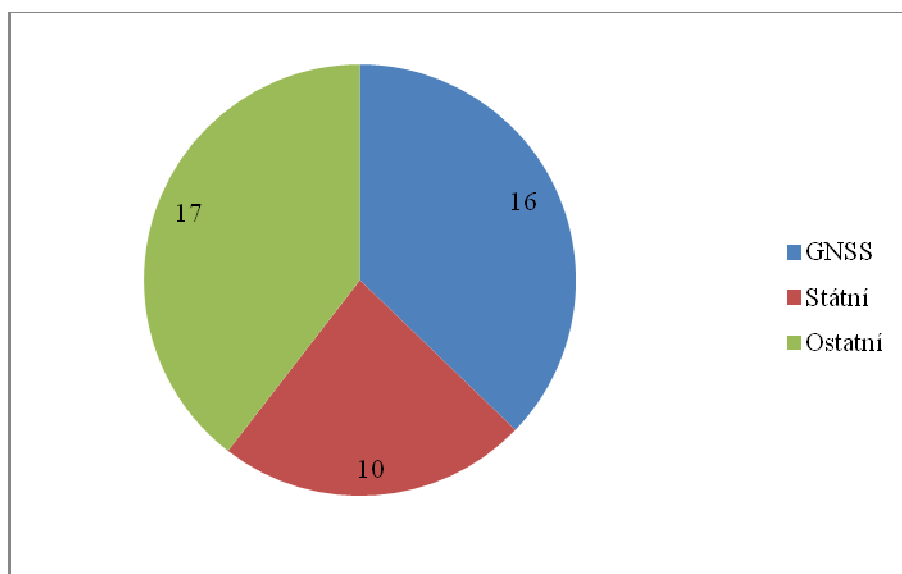
$$\Delta \leq \delta_x \sqrt{2} = tm\sqrt{2}$$

[9]

Body cvičného bodového pole byly posuzovány podle stejné střední souřadnicové chyby, jako body PPBP. To je dáno metodami jejich zaměření a jejich použitím. Statním bodům byla přiřazena jejich obvyklá přesnost.

	m_{XY} [m]
TB	0,015
ZhB	0,02
Ostatní	0,06

Tab. č. 11.1 Přesnosti bodů



Graf č. 11.1 Skladba bodů bodového pole

Kontrola byla prováděna na výběrovém souboru bodů.

11.1 Kontrola polygonovým pořadem

Ke kontrole polohy bodu č. 563 byl použit polygonový pořad, který byl veden ze státního zajišťovacího bodu č. 10.1. Polygonový pořad byl volen z důvodu špatné prostupnosti terénu. Ověření bodu č. 563 bylo zvoleno kvůli pochybnosti o přesnosti jeho určení metodou GNSS, jelikož se bod nachází k měření nepříznivé, lesní lokalitě.

K měření byla použita totální stanice Topcon, z důvodu eliminace chyb centrace i trojpodstavcová souprava. Z výchozího bodu č. 10.1 bylo orientováno na bod č. 26 a měřeno až k bodu č. 593. Měření proběhlo v obou polohách dalekohledu, a délky byly měřeny protisměrně. Neprůchodnost terénu neumožňovala, aby všechny strany pořadu byly delší než 50 m.

Výpočet polygonového pořadu proběhl v programu Groma v7. Polygonový pořad byl nejprve spočten jako jednostranně orientovaný, oboustranně připojený.

Typ pořadu	Vetknutý, jednostranně orientovaný
Délka pořadu	953.803m
Odchylka Y/X	0.015m / 0.012m
Polohová odchylka	0.020m
Největší / nejmenší délka v pořadu	102.019m/ 39.608m
Poměr největší / nejmenší délka	1:2.58
Max. poměr sousedních délek	1:2.19
Nejmenší vrcholový úhel	124.5975°

Tab. č. 11.2 Parametry polygonového pořadu

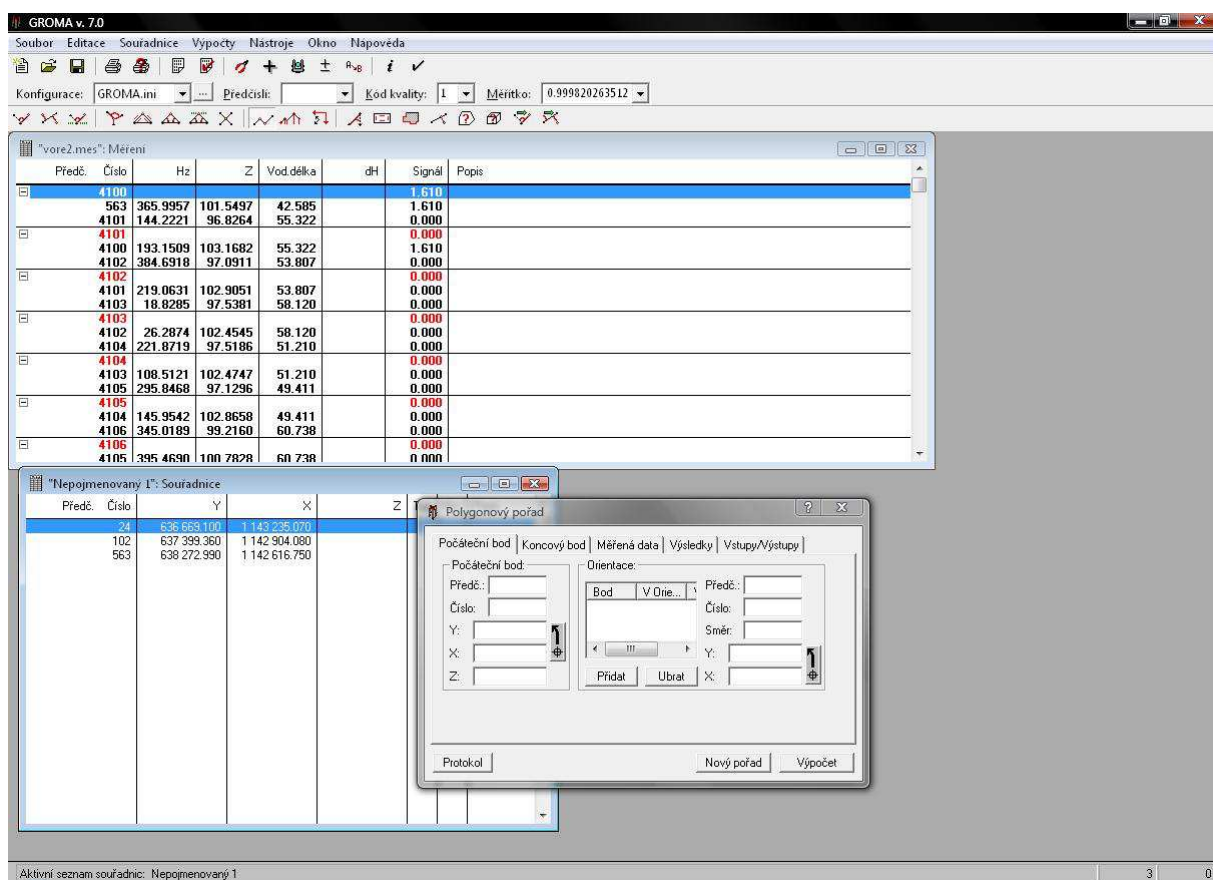
Výsledné odchylky jsou dostatečně malé, proto lze pořad i jeho body považovat za dostatečně kvalitní.

Poté byl polygon spočten jako volný, aby bylo možné stanovit odchylky na koncovém bodě č. 563. Protokoly o výpočtu těchto pořadů jsou součástí příloh.

	Y	X
spočítané	638272,975	1142616,738
dané	638272,991	1142616,746
v_X, v_Y	0,016	0,008

Tab. č. 11.3 Porovnání souřadnic bodů

Výsledná střední souřadnicová chyba $m_{X,Y} = 0,012$ m je dostatečně malá, aby bylo možné prohlásit souřadnice bodu č. 563 za dostatečně kvalitní.



Obr. č.11.1 Prostředí programu Groma v.7

11.2 Kontrola měřením délek spojníc

Jedná se o další metodu, kde se na rozdíl od předchozího případu kontroluje přesnost v určitém geometrickém prvku, konkrétně v měřené délce. Tato metoda byla zvolena u bodů, mezi kterými byla přímá viditelnost.

K měření byla použita totální stanice Topcon a trojpodstavcová souprava. Z důvodu časové úspornosti, dostatečné přesnosti měření a přehlednosti terénu byly délky měřeny 2x, pouze jednosměrně.

Naměřené délky byly redukovány v programu Groma v.7. Další výpočet proběhl v programu Microsoft Excel verze 2003.

Mezi body byla nejprve zjištěna délka ze souřadnic dle vzorce.

$$S_{XY} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$$

Tato délka byla porovnána s měřenou redukovanou délkou S_m .

$$\Delta S = S_{XY} - S_m$$

Rozdíl těchto délek ΔS byl konfrontován s mezní odchylkou $\delta_{\Delta S}$.

$$\delta_{\Delta S} = m_{\Delta S} t$$

Kde t je součinitel konfidence, a $m_{\Delta S}$ je střední chyba rozdílu délek. Součinitel konfidence byl zvolen $t=2$, jelikož se jedná o měření jedné veličiny bez většího vlivu systematických chyb.

$$m_{\Delta S}^2 = m_{S_m}^2 + m_{A,B}^2 + m_C^2$$

m_{sm} je střední chyba měřené délky, u dálkoměru Topcon je $m_{sm}=3+2\text{ppm}$

$m_{A,B}$ je střední chyba spočtené vzdálenosti mezi dvěma body.

$$m_{A,B} = \sqrt{\frac{m_A^2 + m_B^2}{2}}$$

m_c je střední chyba centrace $m_c=0,001 \text{ m}$

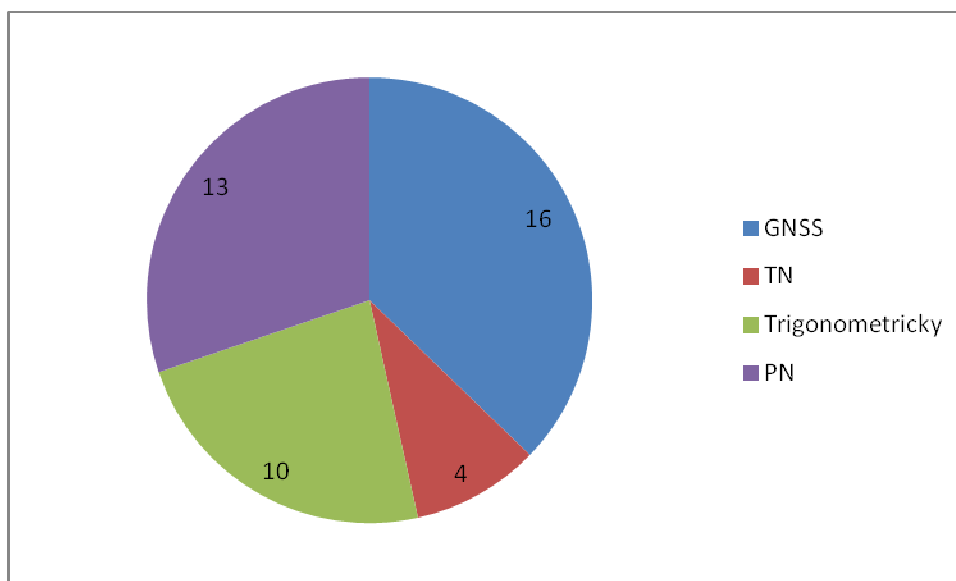
Z bodu	Na bod	S_{XY} [m]	$m_{A,B}$ [m]	S_m [m]	m_{sm} [m]	ΔS [m]	$m_{\Delta S}$ [m]	$\delta_{\Delta S}$ [m]
238	26	453,515	0,045	453,524	0,004	-0,009	0,045	0,090
238	50	867,105	0,045	867,09	0,005	0,015	0,045	0,091
238	30	880,386	0,045	880,384	0,005	0,002	0,045	0,091
30	10.I	77,492	0,043	77,489	0,003	0,003	0,043	0,086
30	FIX 2.3	576,890	0,085	576,811	0,004	0,079	0,085	0,170
FIX 2.3	57	228,505	0,085	228,559	0,003	-0,054	0,085	0,170
FIX 2.3	47	453,125	0,085	453,167	0,004	-0,042	0,085	0,170
47	42	140,649	0,085	140,659	0,003	-0,010	0,085	0,170
47	43	112,934	0,085	112,889	0,003	0,045	0,085	0,170
43	46	210,257	0,085	210,257	0,003	0,000	0,085	0,170

Tab č. 11.4 Zhodnocení délek

Kontrolou geometrického parametru bylo zjištěno, že souřadnice všech testovaných bodů dosahují předpokládané přesnosti.

12. Kontrola výškové přesnosti

Ke kontrole výškové přesnosti bodů byla použita jako hlavní metoda technická nivelace. Jako doplňková metoda, u bodů s nižší přesností bylo zvoleno trigonometrické měření převýšení. Kontrola byla provedena na výběrovém souboru bodů.



Graf č. 12.1 Metody určení výšek v bodovém poli

12.1 Technická nivelace

Metodou technické nivelace bylo kontrolováno převýšení mezi nivelačními body. Tato metoda byla zvolena kvůli své jednoduchosti a dostatečné přesnosti.

Měřická skupina se sestávala ze dvou osob, přístroje se stativem, nivelační podložky a nivelační latě. Před měřením byla provedena zkouška nivelačního přístroje. Zápis měření byl veden v papírových zápisnících, které jsou součástí příloh.

Měření probíhalo jednosměrně. Pokud bylo shledáno podezřelým, nebo nevyhovujícím, bylo provedeno i měření zpět. Měřené převýšení bylo porovnáno se spočteným převýšením. Výsledný rozdíl byl testován na mezní odchylku rozdílu převýšení.

Kritériem přesnosti je mezní odchylka mezi daným a měřeným převýšením. Ta se určí ze vzorce [7]

$$\delta_{\Delta h} = 40\sqrt{R}[km]$$

Pokud bylo převýšení měřeno dvakrát, uvádí se ještě mezní odchylka mezi dvakrát měřeným převýšením. [7]

$$d_h = 0,67 * 40\sqrt{R}[km]$$

Tato odchylka byla testována přímo v terénu a je zapsána v zápisnících, které jsou součástí příloh.

body		h_m [mm]	h_s [mm]	R [km]	Δh [mm]	$\delta_{\Delta h}$ [mm]
FIX 2.3	N12.1	18035	18003	0,4	-32	25
N15.1	N14	2071	2066	0,33	-4	22
N15.1	FIX 2.3	9910	9909	0,48	-1	27
FIX 2.3	N17	698	707	0,3	9	21
N12.1	N13	5786	5771	0,75	-15	34
N11	FIX 2.3	7538	7525	0,5	-13	28

Tab. č. 12.1 Zhodnocení nivelace

Z výsledných měřených převýšení, které byly testovány na mezní odchylku rozdílu převýšení, bylo zjištěno, že většina bodů splňuje požadované přesnosti. Mezi body FIX 2.3 a N12.1 pravděpodobně došlo k posunu bodu. Bodem podezřelým z posunu je bod N12.1, jelikož bod FIX 2.3 byl použit při dalších měřeních, které jeho chybu neprokázaly. Všechna dvakrát měřená převýšení vyhověla mezní odchylce dvakrát měřeného převýšení. Celková délka nivelačních pořadů je 2,8 km z toho 1,5 km bylo měřeno obousměrně.

12.2 Trigonometricky

Trigonometrické měření převýšení bylo zvoleno jako doplňková metoda. Jedná se o snahu využít data z měření délek spojnic bodů, kde byl kromě délky měřen i zenitový úhel. Pomocí řešení jednoduchého trojúhelníku lze vypočítat převýšení bodů. Při délkách větších než 300 m je důležité uvažovat vliv zakřivení Země. Tato metoda slouží především k odhalení hrubých chyb ve výškách bodů. Pro danou kontrolu bylo nutné stanovit přesnost kontrolovaných bodů. Při stanovení této přesnosti byla brána v úvahu metoda jejich určení a způsob jejich použití, který byl konzultován s pedagogickým sborem.

	m_v [m]
GNSS	0,05
PN	0,005
trigonometricky	0,09
TN	0,04

Tab. č. 12.2 Přesnosti výškových bodů

Převýšení bylo spočteno dle vzorce

$$h_m = s' \cos z + i - v + \left(\frac{s'^2 (1 - k)}{2R} \right)$$

s' je měřená šikmá délka

z je zenitový úhel

i je výška stroje

v je výška cíle

k je refrakční koeficient $k = 0,13$

Toto převýšení bylo porovnáno s převýšením spočteného z daných výšek bodů

Výsledný rozdíl převýšení měřeného a spočteného byl testován na mezní odchylku rozdílu převýšení.

$$\delta_h = tm_{\Delta h}$$

Kde

t je součinitel konfidence t=2

$m_{\Delta h}$ je střední chyba rozdílu převýšení

$$m_{\Delta h}^2 = m_{hAB}^2 + \cos^2 \alpha m_s^2 + \sin^2 \alpha m_z^2 + m_i^2 + m_v^2$$

Kde

m_{hAB} je střední chyba převýšení mezi body

m_s je střední chyba měřené délky

m_z je střední chyba zenitového úhlu

m_i je střední chyba výšky stroje

m_v je střední chyba výšky cíle

m_k je střední chyba refrakčního koeficientu

body		s' [m]	α [°]	i [m]	v [m]	h_m [m]	h_s [m]	Δh [m]	m_h [m]	δ_h [m]
238	26	453,630	99,3512	1,460	1,550	4,547	4,578	0,031	0,091	0,181
238	50	867,248	99,8923	1,460	1,600	1,378	1,410	0,032	0,091	0,183
238	30	880,554	100,3299	1,460	1,590	4,641	4,549	-0,092	0,091	0,183
30	10.I	77,563	102,4965	1,490	1,720	3,270	3,289	0,019	0,009	0,017
30	FIX 2.3	577,096	101,5954	1,490	1,650	14,598	14,579	-0,019	0,013	0,025
FIX 2.3	57	228,602	100,2092	1,650	1,520	0,618	0,626	0,008	0,009	0,019
FIX 2.3	47	453,349	101,3381	1,650	1,650	9,514	9,500	-0,015	0,011	0,022
47	42	140,730	98,3795	1,640	1,540	3,683	3,688	0,005	0,009	0,018
47	43	112,925	98,9527	1,640	1,510	1,988	1,991	0,002	0,009	0,018
43	46	210,295	100,0822	1,510	1,570	0,329	0,342	0,014	0,090	0,181

Tab. č. 12.3 Zhodnocení měřených převýšení

Z měřených převýšení, které nepřekročily mezní odchylku rozdílu převýšení bylo usouzeno, že výšky kontrolovaných bodů odpovídají předpokládané přesnosti.

13. Použité přístroje

13.1 Totální stanice

K měření polygonového pořadu a délek byla použita totální stanice Topcon GPT-3003N.

Technické parametry přístroje.

Měření délek , normální měřický mód.....3 mm + 2 ppm

Měření délek, přesnost3'' (1.0 mgon)

13.2 Nivelační přístroj

Km. chyba dvojité nivelace $\pm 2,5$ mm



Obr. č 13.1 Totální stanice



Obr. č. 13.2 Nivelační přístroj

14. Závěr

Cvičné bodové pole bylo rekognoskováno, doplněno o nové, případně přepracované geodetické a nivelační údaje. Proběhlo doplnění fotodokumentace a v neposlední řadě úprava seznamu souřadnic.

Dalším krokem byla kontrola polohové a výškové přesnosti. Zde se na výběrových souborech dokázalo, že bodové pole vyhovuje požadované přesnosti. Tyto přesnosti byly zvoleny dle metod určení a na základě konzultace s uživateli bodového pole, tedy pedagogickým sborem.

Jelikož se jedná o bodové pole cvičné, byly veškeré práce, jak terénní tak zpracovatelské, poznamenány jeho specifickou povahou.

Výsledky práce mají sloužit studentům a pedagogům při každoročních výukách v terénu pořádaných pro první ročníky. Geodetické údaje, nivelační údaje a fotodokumentace je upravena tak, aby mohla sloužit jako materiál k vyhotovení nového nebo obnovení stávajícího elektronického přehledu bodového pole.

Seznam použitých zdrojů

- [1] SOUKUP František, Výuka v terénu I, Polohopis, elektronická skripta FAST VUT Brno, Modul 01, 61 s.
- [2] NEVOSÁD Zdeněk, VITÁSEK Josef, Geodézie III, Průvodce předmětem Geodézie III, elektronická skripta FAST VUT Brno, Průvodce 01, 176 s.
- [3] VONDRÁK Jiří, Geodézie II, Geodetická cvičení II, elektronická skripta FAST VUT Brno, Modul 01, 38 s.
- [4] ŠVÁBENSKÝ Otakar, VITULA Alexej, BUREŠ Jiří, Inženýrská geodezie I, Návod ke cvičením, Modul 03, 161 s.
- [5] Úplné znění vyhlášky č. 26/2007 Sb., kterou se provádí zákon č. 265/1992 Sb., o zápisech vlastnických a jiných věcných práv k nemovitostem, ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 344/1992 Sb., o katastru nemovitostí České republiky (katastrální zákon), ve znění pozdějších předpisů, (katastrální vyhláška), jak vyplývá ze změn provedených vyhláškou č. 164/2009 Sb.
- [6] Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí, [online], 7. 5. 2012, [cit. 7. 5. 2012], Dostupné z: <http://www.vugtk.cz/slovník/>
- [7] ČADA Václav, Přednáškové texty z geodezie, [online], 14. 5. 2012, [cit. 14. 5. 2012] , Dostupné z : <http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html/index.html>
- [8] WEIGEL Josef, GNSS přehled, prezentace Microsoft Powerpoint.

Seznam obrázků

Obr. č. 2.1	Zájmová lokalita
Obr. č. 4.1	Geodetické údaje trigonometrického bodu
Obr. č. 4.2	Geodetické údaje bodů PPBP
Obr. č. 5.1	Nivelační údaje
Obr. č. 6.1	Volný polygonový pořad
Obr. č. 6.2	Protínání z úhlů
Obr. č. 6.3	Protínání z délek
Obr. č. 7.1	Trigonometrická nivelace
Obr. č. 7.2	Trigonometrické převýšení
Obr. č. 8.1	Redukce délek
Obr. č. 8.2	Tabulka hodnot délkového zkreslení
Obr. č. 10.1	Příklad fotodokumentace
Obr. č. 10.2	Vzor nivelačních údajů
Obr. č. 10.3	Prostředí programu Microstation v. 95
Obr. č. 11.1	Prostředí programu Groma v.7
Obr. č. 13.1	Totální stanice
Obr. č. 13.2	Nivelační přístroj

Seznam tabulek

Tab. č. 11.1	Přesnost bodů
Tab. č. 11.2	Parametry polygonového pořadu
Tab. č. 11.3	Porovnání souřadnic bodů
Tab. č. 11.4	Zhodnocení délek
Tab. č. 12.1	Zhodnocení nivelace
Tab. č. 12.2	Přesnost výškových bodů
Tab. č. 12.3	Zhodnocení měřených převýšení

Seznam grafů

Graf č. 11.1 Skladba bodů bodového pole

Graf č. 12.2 Metody určení výšek v bodovém poli

Seznam tištěných příloh

- 1) Geodetické údaje 11 s.
- 2) Nivelační údaje 5 s.
- 3) Seznam souřadnic a výšek bodů 1 s.
- 4) Adjustované zápisníky technické nivelace 4 s.
- 5) Zápisníky měření 3 s.
- 6) Výpočetní protokoly 9 s. (ukázka)
- 7) Přehled měřické sítě
- 8) Přehled nivelačních pořadů
- 9) Přehled bodového pole

Seznam elektronických příloh

- 1) Geodetické a nivelační údaje ve formátu *.dgn a *.pdf
- 2) Geodetické a nivelační údaje ve formátu *.jpg
- 3) Seznam souřadnic a výšek bodů ve formátu *.txt a *.xlsx
- 4) Zápisníky technické nivelace ve formátu *.pdf
- 5) Zápisníky měření ve formátu *.zap
- 6) Výpočetní protokol ve formátu *.docx
- 7) Přehled měřické sítě ve formátu *.dgn
- 8) Přehled nivelačních pořadů ve formátu *.dgn
- 9) Přehled bodového pole ve formátu *.dgn
- 10) Fotodokumentace ve formátu *.jpg